

## **EKSTRAKSI FITUR SINYAL ELEKTROKARDIOGRAM BERBASIS INDEPENDENT COMPONENT ANALYSIS**

### *Feature Extraction of Electrocardiogram Signal Based on Independent Component Analysis*

**Dian Nova Kusuma Hardani**

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto  
Jl.Raya Dukuh Waluh PO BOX 202 Purwokerto 53182  
Telp; (0281) 636751 ext 130. Fax. (0281) 637239  
email : [diannova.kh@gmail.com](mailto:diannova.kh@gmail.com)

#### **ABSTRAK**

*Jantung merupakan organ penting manusia yang berfungsi memompa darah ke seluruh tubuh. Jantung menghasilkan serangkaian denyutan elektromagnetik yang bekerja terus-menerus dengan interval waktu antara setiap denyut yang bervariasi secara dinamis dan kompleks. Elektrokardiogram (EKG) merupakan salah satu sinyal fisiologis yang dihasilkan dari kerja listrik jantung. Hasil rekam EKG digunakan oleh dokter atau ahli medis untuk menentukan kondisi jantung pasien. Pola sinyal EKG pada beberapa kondisi jantung memiliki fitur khusus, akan tetapi untuk membedakan pola sinyal jantung yang sehat atau mengalami kelainan fungsional pada jantung diperlukan pengalaman dan keahlian khusus dalam mengidentifikasi berbagai macam sinyal EKG. Sinyal EKG yang sama dapat diinterpretasikan secara beragam oleh dokter yang berbeda. Oleh karena itu, perlu dibuat sistem cerdas yang dapat membedakan pola sinyal jantung yang sehat atau mengalami kelainan fungsional. Salah satu caranya yaitu dengan melakukan ekstraksi fitur sinyal EKG. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan teknik ekstraksi fitur untuk pengenalan sinyal EKG agar dapat digunakan untuk kepentingan diagnosis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fitur-fitur dari sinyal dapat dibentuk dengan cara saling bebas antara sinyal yang sesungguhnya dan yang bukan melalui teknik ekstraksi fitur statistik.*

**Kata kunci** : jantung, sinyal EKG, pola, ekstraksi fitur

#### **ABSTRACT**

*The heart is an important organ of human functioning pumping blood throughout the body. The heart produces a series of heartbeat of electromagnetic which works continuously with the interval of time between each beat that varies dynamically and complex. Electrocardiogram (ECG) is one of the physiological signal generated from the electrical work of the heart. Results recording of ECG signals used by the physician or medical expert to determine the patient's heart condition. The pattern of ECG signals in some heart conditions has special features, but to distinguish patterns of signal a healthy heart or undergone a functional abnormality in the heart required experience and expertise in identifying a wide variety of ECG signal. The same ECG signals can be interpreted in a variety of different doctors. Therefore, require to be made the intelligent systems that can distinguish patterns signal a healthy heart or undergone a functional disorder. One of the means is by doing the feature extraction of ECG signals. This research aims to implement the techniques of features extraction for the recognition of ECG signals that can be used for the purposes of diagnosis. The results shows that the features of the signal can be formed by means of each other freely between the signal actual and signal not actual through the technique of feature extraction statistically.*

**Key-word**: heart, ECG signal, pattern, feature extraction

## PENDAHULUAN

Tubuh manusia tersusun atas berbagai macam organ penting yang menunjang kelangsungan hidup manusia itu sendiri. Salah satunya adalah organ jantung. Jantung berfungsi memompa darah ke seluruh tubuh. Jantung menghasilkan serangkaian denyutan elektromagnetik yang bekerja terus-menerus dengan interval waktu antara setiap denyut bervariasi secara dinamis dan kompleks. Medan elektromagnetik jantung bertindak sebagai gelombang pembawa informasi yang memberikan sinyal sinkronisasi global untuk seluruh tubuh. Ketika denyutan gelombang memancarkan energi keluar dari jantung, denyutan-denyutan tersebut berinteraksi dengan organ-organ dan struktur lainnya. Gelombang-gelombang tersebut terkodekan atau merekam fitur dan aktivitas dinamis dari struktur-struktur dalam pola energi gelombang yang didistribusikan ke seluruh tubuh. Dengan cara ini, informasi yang dikodekan bertindak sebagai bentuk kegiatan semua fungsi tubuh untuk mengkoordinasikan dan mensinkronisasikan proses-proses dalam tubuh secara keseluruhan.

Elektrokardiogram (EKG) merupakan salah satu sinyal fisiologis yang dihasilkan dari kerja listrik jantung ketika fase repolarisasi dan depolarisasi (Rangayyan, 2002). EKG pertama kali diperkenalkan oleh Augustus Waller pada tahun 1887 (Chakrabarti and Stuart, Oct, 2005). Sejak saat itu EKG menjadi salah satu sinyal yang paling sering digunakan untuk penelitian dalam rangka melakukan analisis terhadap perilaku jantung.

Hasil rekam EKG digunakan oleh dokter atau ahli medis untuk menentukan kondisi jantung pasien, antara lain untuk mengetahui frekuensi jantung, *arrhythmia*, pembesaran atrium, *hipertrofi ventricular*, dan lain-lain. Pola EKG beberapa kondisi jantung memiliki fitur khusus, akan tetapi untuk membedakan pola sinyal jantung yang sehat atau mengalami kelainan fungsional pada jantung diperlukan pengalaman dan keahlian khusus dalam mengidentifikasi berbagai macam sinyal EKG. Sinyal EKG yang sama dapat diinterpretasikan secara beragam oleh dokter yang berbeda. Hal ini dikarenakan kemampuan para ahli dalam menganalisa hasil rekaman jantung yang berbeda-beda. Selain kondisi fisik, mental, dan pikiran yang dapat berubah sewaktu-waktu, seorang dokter ahli yang sudah berpengalaman dapat melakukan kekeliruan dalam mendiagnosa penyakit jantung. Oleh karena itu, perlu dibuat sistem cerdas yang dapat membedakan pola

sinyal jantung yang sehat atau mengalami kelainan fungsional. Salah satu caranya yaitu dengan melakukan ekstraksi fitur sinyal EKG.

Ekstraksi fitur merupakan langkah awal dalam melakukan klasifikasi dan interpretasi sinyal. Proses ini berkaitan dengan kuantisasi karakteristik sari sinyal ke dalam sekelompok nilai fitur yang sesuai.

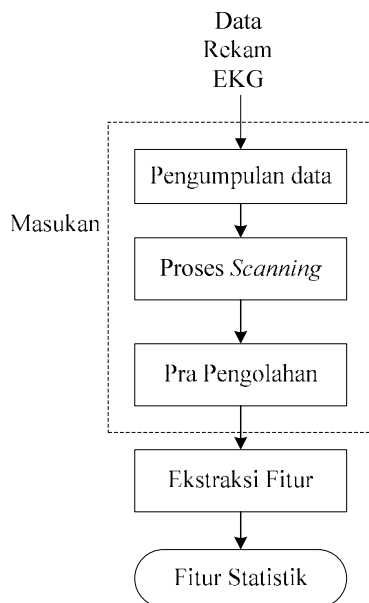
Tujuan penelitian ini adalah mengimplementasikan teknik ekstraksi fitur untuk pengenalan sinyal EKG agar dapat digunakan untuk kepentingan diagnosis.

## BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Percobaan ini dilakukan di laboratorium Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah hasil rekam EKG yang dilakukan pada perempuan berusia 17-25 tahun. Data yang diolah berupa citra analog hasil cetak dari alat EKG pada proses perekaman dan terbatas hanya pada 6 *lead* utama yaitu 3 *lead* bipolar (I, II, III) dan 3 *lead* unipolar teraugmentasi (aVR, aVL, aVF).

Perancangan sistem dalam penelitian ini terdiri atas beberapa tahapan, yakni tahap pengumpulan data hasil rekam EKG, proses *scanning*, tahap pra pengolahan sinyal, dan tahap ekstraksi fitur. Perancangan sistem secara garis besar ditunjukkan pada Gambar 1.

Tahap awal yang harus dilakukan sebelum melakukan perekaman yaitu tahap persiapan. Persiapan untuk perekaman EKG yang pertama adalah memasang elektrode. Penempatan elektrode harus tepat sesuai pada posisinya. Kemudian pasang kabel pasien pada konektor yang ada pada unit. Jika status hubungan *lead* menunjukkan O.K, lampu indikator READY akan menyala jika unit telah dihidupkan. Langkah selanjutnya adalah perekaman EKG. Pada saat melakukan perekaman, hal-hal yang perlu dilakukan sebelumnya adalah: pengaturan level sinyal, pengaturan kecepatan kertas, pengaturan filter, pengaturan *channel*, pengaturan *rhythm lead*, pengaturan grid, pengaturan diagnosis (*on/off*), dan memasukkan data pasien. Kemudian perekaman dilakukan selama 10 detik setelah kondisi pasien benar-benar stabil. Langkah berikutnya mencetak hasil rekam dengan kertas EKG. Tahap akhir adalah mengumpulkan data hasil rekam yang berbentuk citra analog.



**Gambar 1. Diagram Blok Perancangan Sistem.**

Pengolahan sinyal digital memerlukan data masukan yang berbentuk digital. Oleh karena itu, citra analog hasil rekam EKG diubah ke dalam bentuk citra digital dengan cara di-*scan* dan disimpan dalam file \*.tiff dengan tingkat resolusi 600 dpi agar memperoleh citra dengan kualitas baik. Tahap pra pengolahan dilakukan untuk mendapatkan citra yang kualitasnya lebih baik dari pada sebelumnya, dengan cara memanipulasi parameter-parameter citra. Dalam penelitian ini bertujuan memperoleh citra dan ukuran atau dimensi tertentu dan sebaran warna (nilai-nilai piksel) yang lebih cocok. Langkah pertama pada tahap ini adalah *cropping*. *Cropping* adalah memotong bagian dari citra sehingga diperoleh citra yang berukuran lebih kecil sesuai keinginan. Langkah selanjutnya adalah segmentasi. Citra digital diubah terlebih dahulu ke dalam bentuk citra *grayscale*, kemudian *difilter* menggunakan *median filter*. Citra hasil *filter* diubah menjadi citra biner yang terdiri dari warna hitam dan putih saja, kemudian dilakukan operasi morfologi untuk menghilangkan bagian detail yang terlihat gelap dan menyisakan bagian terang yang tidak mengganggu. Langkah selanjutnya yaitu melakukan transformasi kawasan spasial ke kawasan waktu. Proses ini mengubah citra dua dimensi menjadi sinyal satu dimensi. Tinggi citra dari sinyal menjadi penggambaran amplitudo sinyal dan pergeseran pembacaan menjadi penunjuk waktu. Jika citra mempunyai resolusi 600 dpi maka setiap 25,4 mm (1 inch) terdapat 600

piksel. Dengan demikian lebar citra ( $x$ ) dalam ukuran mm adalah  $\frac{x}{600} \times 25,4$  mm dan untuk

tinggi sinyal adalah  $\frac{y}{600} \times 25,4$  mm. Karena

besaran yang ada pada sinyal adalah amplitudo dan waktu maka sumbu  $y$  (tinggi sinyal) diubah ke dalam satuan mV di mana dalam EKG 1 mm menunjukkan 0,1 mV sehingga amplitudo sinyal adalah  $y \times 0,1$  mV.

Sedangkan pengukuran sumbu  $x$  (lebar sinyal) diubah ke dalam satuan waktu yaitu detik. Laju perekaman yang dipakai adalah 25 mm/detik, maka 1 mm setara dengan 0,04 detik, sehingga waktu sinyal ( $t$ ) diperoleh dengan mengalikan  $x \times 0,04$  detik. Langkah terakhir pada tahap pra pengolahan adalah pengaturan *baseline*. Derau *baseline wander* dapat dihilangkan menggunakan transformasi wavelet diskrit. Sinyal EKG didekomposisi hingga tingkat 11 sehingga diperoleh komponen frekuensi rendah yang menjadi penyebab derau *baseline wander*. Komponen frekuensi rendah tersebut dapat dihilangkan dan kemudian sinyal EKG direkonstruksi sehingga tidak mengandung komponen sinyal yang diduga adalah komponen derau penyebab *baseline wander*.

Tahap berikutnya adalah ekstraksi fitur yang bertujuan untuk memperoleh perbedaan fitur antara satu jenis sinyal EKG dengan jenis yang lain. Jenis sinyal EKG yang dimaksud adalah sinyal EKG yang menunjukkan kondisi tertentu yang didiagnosis. Fitur yang diekstraksi dari sinyal EKG adalah data sinyal hasil dekomposisi pada *baseline wander*. Teknik yang digunakan untuk ekstraksi fitur yaitu menggunakan ICA dengan algoritme *fastICA* untuk memperkirakan komponen independen. Adapun langkah-langkah jalannya ekstraksi fitur yang pertama adalah muat/ isi data pengolahan. Prosedur pembelajaran akan dimulai dan pesan algoritme tertentu akan muncul dalam jendela utama MATLAB. Waktu komputasi tergantung pada proses pembelajaran yang dilakukan oleh algoritme. Simpan hasil untuk proses selanjutnya. Semua sinyal dapat disimpan dalam file \*.MAT tunggal atau excel (\*.xls). Tetapi, sebelum melakukan ekstraksi fitur secara statistik, terlebih dahulu dilakukan pengujian karakteristik sinyal masukan untuk memenuhi syarat metode yang akan digunakan untuk ekstraksi fitur, yaitu ICA. Untuk menggunakan metode ICA dalam pemisahan sinyal, diperlukan beberapa syarat yang harus dipenuhi agar sinyal dapat terpisah dengan baik dari sinyal campurannya

(Xiangkui and Yiyi, 2010). Beberapa syarat tersebut adalah sebagai berikut: (1) Independen, Jika terdapat dua variabel acak yang berbeda  $s_1$  dan  $s_2$ . (2) *Non Gaussianity*, merupakan prinsip yang sangat penting dan esensial dalam estimasi ICA. Langkah yang umum digunakan untuk mengetahui *Gaussian* atau tidaknya sebuah sinyal adalah dengan cara mengetahui nilai kurtosis. Apabila dalam perhitungan didapatkan nilai kurtosis adalah 0, maka sinyal tersebut merupakan sinyal *Gaussian*. Sedangkan untuk sinyal *Non Gaussianity*, kurtosis tidak akan bernilai 0. Kurtosis sinyal *Non Gaussianity* dapat bernilai positif maupun negatif.

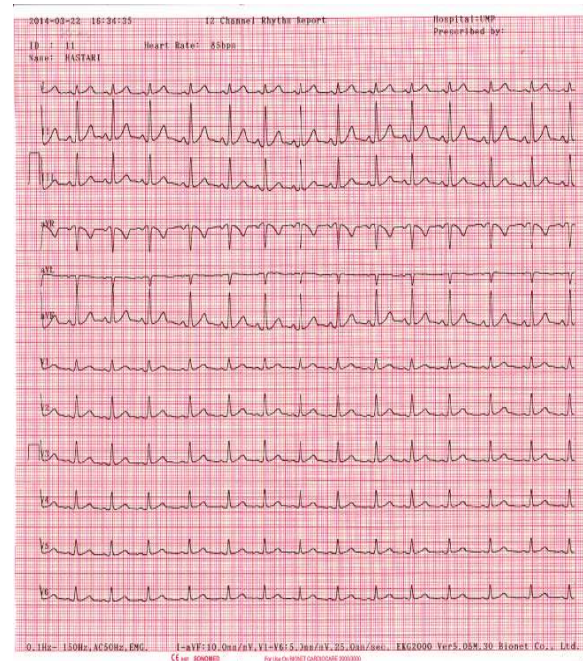
Hasil dari algoritme yang telah diproses berupa komponen independen yang masing-masing mempunyai nilai kurtosis tidak sama dengan nol. Kemudian dipilih nilai kurtosis yang paling tinggi dari keenam komponen independen yang dihasilkan tersebut. Setelah dipilih komponen dengan nilai kurtosis paling tinggi, langkah berikutnya yaitu mencari nilai statistik dari komponen yang terpilih tersebut. Nilai statistik yang dicari adalah *mean*, standar deviasi, *entropy*, varian, *skewness* dan kurtosis.

Perangkat yang digunakan untuk ekstraksi fitur menggunakan mesin pembelajaran ICA yaitu ICALAB (<http://www.bsp.brain.riken.jp/ICALAB/>.)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

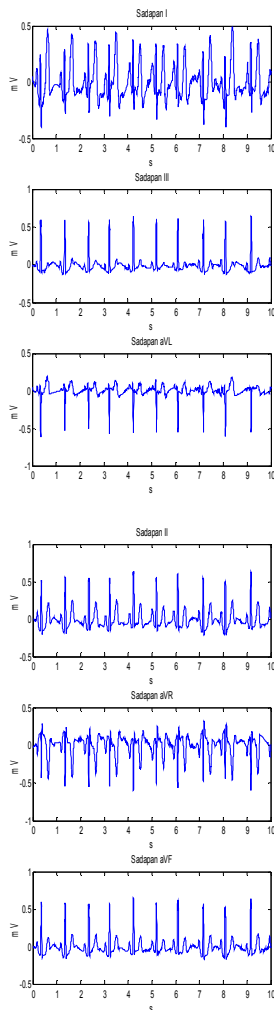
Pada proses perekaman EKG, data yang akan diolah dalam penelitian ini untuk keseluruhan terdapat 46 sampel dari 46 pasien (*volunteer*). Perekaman dilakukan selama 10 detik. Hasil rekam dalam bentuk citra analog.

Proses *scanning* diperlukan untuk memperoleh citra dalam bentuk digital agar lebih mudah diolah dalam penelitian. Citra hasil rekam yang semula masih dalam bentuk analog berubah menjadi digital. Hasil *scanning* ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2. Hasil scanning sinyal EKG.**

Pada tahap pra pengolahan sinyal terdiri atas beberapa langkah di dalamnya yaitu *cropping*, segmentasi, transformasi kawasan spasial ke kawasan waktu, normalisasi, dan pengaturan *baseline*. Hasil pada tahap pra pengolahan ditunjukkan pada Gambar 3.

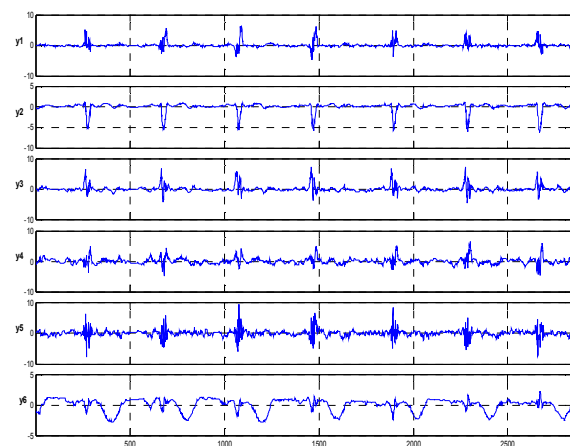


Gambar 3. Hasil tahap pra pengolahan citra dalam kawasan waktu (t)

Teknik yang digunakan untuk ekstraksi fitur yaitu menggunakan metode ICA dengan algoritme FastICA untuk mengestimasi komponen independen. Beberapa penelitian telah menunjukkan permasalahan deteksi otomatis dan klasifikasi sinyal EKG, antara lain: dalam (Nazmy et al., 2010) menggunakan pendekatan *hybrid* untuk klasifikasi sinyal EKG yaitu model *Adaptive Neuro Fuzzy Inference* (ANFIS) (Jang, May/June 1993). Ekstraksi fitur menggunakan *Independent Component Analysis* (ICA) dan spektrum daya, bersama-sama dengan RR interval kemudian melayani sebagai vektor masukan fitur, fitur ini digunakan sebagai masukan dari pengklasifikasi ANFIS. Enam jenis sinyal EKG adalah *normal sinus rhythm* (NSR), *premature ventricular contraction* (PVC), *atrial premature contraction* (APC), *Ventricular Tachycardial* (VT), *Ventricular Fibrillation* (VF) dan *Supraventricular*

*Tachycardia* (SVT). Model ANFIS diusulkan dengan menggabungkan kemampuan Jaringan Syaraf adaptif dan *Fuzzy Inference System*. Hasil menunjukkan tingkat efisien tinggi dari alat yang digunakan dengan tingkat akurasi lebih dari 97%. Hal ini membuktikan bahwa ekstraksi fitur menggunakan algoritme ICA akan menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi sehingga sangat baik untuk pengolahan sinyal EKG.

Sinyal sumber yang berisi enam *lead* diproses menggunakan metode ICA dan memperoleh enam buah komponen independen yang mempunyai nilai kurtosis yang berbeda-beda. Komponen independen yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 4 dari salah satu sampelnya.



Gambar 4. Hasil ekstraksi fitur sinyal komponen independen

Komponen independen pada Gambar 4 mempunyai nilai kurtosis seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Komponen yang mempunyai nilai kurtosis paling tinggi akan dipilih karena dianggap paling dominan dengan sinyal sumber. Sedangkan komponen yang mempunyai nilai kurtosis paling rendah dianggap sebagai derau.

Tabel 1. Nilai kurtosis komponen independen pada Gambar 4.

Komponen Independen ke-	Nilai Kurtosis
1	42,26993
2	<b>47,56871</b>
3	20,22647
4	11,75913
5	5,32214
6	<b>1,780071</b>

Dapat dilihat bahwa komponen ke-2 mempunyai nilai kurtosis yang paling tinggi.

Karena komponen ke-6 paling rendah maka dianggap sebagai derau.

Ekstraksi fitur merupakan suatu proses mengambil fitur-fitur yang terdapat pada sinyal sebagai langkah awal dalam melakukan klasifikasi dan interpretasi suatu sinyal. Salah satu metode yang sering digunakan adalah ekstraksi fitur statistik. Fitur ini dipilih berdasarkan pengetahuan sebelumnya pada data. Serangkaian fitur yang dipilih berisi fitur-fitur ditunjukkan pada Tabel 2 seperti *mean*, varian, kurtosis, *skewness*, standar deviasi dan *entropy*.

**Tabel 2. Fitur statistik**

Momen	Formula	Definisi
Mean	$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$	Nilai rata-rata dari beberapa buah data.
Standar Deviasi	$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}$	Bilangan tak-negatif, dan memiliki satuan yang sama dengan data.
Varians	$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2$	
Skewness	$\alpha^3 = \frac{1}{N\sigma^3} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^3$	
Kurtosis	$kurt(x) = E\{x^4\} - 3(E\{x^2\})^2$	
Entropy	$Entropy = -\sum_{i=0}^{N-1} p(i) \log_2(p(i))$	

Komponen dengan nilai kurtosis paling tinggi inilah yang akan dicari fitur statistik. Hasil perhitungan fitur statistik ditunjukkan pada Tabel 3 berikut.

**Tabel 3. Hasil ekstraksi fitur dari salah satu sampel**

Fitur	Nilai
Mean	0,00199204450963984
Std deviasi	1,0000882885514
Entropy	5,06806327221046
Varian	1,00017658489767
Skewness	-2,48328094010789
Kurtosis	47,5687131444606

### KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa fitur-fitur dari sinyal dapat dibentuk dengan cara saling bebas antara sinyal yang sesungguhnya dan yang bukan melalui teknik ekstraksi fitur statistik. Ini merupakan komponen dasar dari sinyal EKG itu sendiri. Jika komponen-komponen ini dibangun maka akan terbentuk sinyal-sinyal baru.

### DAFTAR PUSTAKA

- CHAKRABARTI, S. & STUART, G. Oct, 2005. Understanding cardiac arrhythmias. *Arch. Dis. Child*, 90, 1086-1090.
- <http://www.bsp.brain.riken.jp/icalab/>.
- JANG, J. S. R. May/June 1993. ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System. *IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics*, 23(3), 665-685.
- NAZMY, T. M., EL-MESSIRY, H. & AL-BOKHITY, B. Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System for classification of ECG signals. *Informatics and Systems (INFOS)*, 2010 The 7th International Conference on, 28-30 March 2010. 1-6.
- RANGAYYAN, R. M. 2002. Biomedical Signal Analysis. *IEEE press New York*.
- XIANGKUI, W. & YIYI, C. A fast ICA and its application in VEP feature extraction. *Natural Computation (ICNC)*, 2010 Sixth International Conference on, 10-12 Aug. 2010. 3673-3676.